Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.2, Summer 2020, P. 231-246
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۲۴۶-۲۳۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی اثرات غلظت بی‌کربنات کلسیم بر واکنش فیزیولوژیکی و صفات رشدی ارقام بادام پیوند شده بر روی پایه رویشی GN15

علی ایمانی[۱]- خسرو پرویزی[۲]*- حمدالله بیرامی جم[۳]- ابراهیم هادوی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۳۱

چکیده

زردی برگ به دلیل اختلال جذب عناصر غذایی بویژه آهن و در خاک‌های آهکی از مشکلات تغذیه‌ای درختان میوه نظیر بادام می‌باشد. همچنین در شدت و تحمل به اختلال جذب عناصر غذایی مانند آهن بین ارقام بادام پیوند شده روی پایه‌ی GN15 اختلاف وجود دارد. بنابراین به منظور بررسی اثر بی‌کربنات کلسیم بر خصوصیات فیریولوژیکی و شاخص‌های رشدی در تعدادی از ارقام بادام، آزمایشی به صورت فاکتوریل و بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو عامل استفاده از بی‌کربنات کلسیم به صورت جرم مولی یا مولکول گرم در پنج سطح (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌مول در لیتر) و ارقام بادام در ده سطح شامل ارقام سوپرنووا، ۲۵-۱، ۴۰-۱۳، مامایی، ۱۶-۱، کاغذی، سهند، A۲۰۰، ۷-۹ پیوند شده بر روی پایه GN15 و همچنین پایه GN15 (عدم انجام پیوند) انجام شد. آزمایش در شرایط گلخانه و به صورت گلدانی اجرا شد. بر اساس نتایج حاصله شاخص کلروفیل، کلروفیل a، b، کارتنوئید برگ‌ها و شاخص‌های رشدی در تمام ارقام کاهش معنی‌دار داشتند ($p\leq0.05$). با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که با افزایش سطح بی‌کربنات کلسیم، مقدار فلورسانس حداقل کلروفیل افزایش و میزان فلورسانس حداکثر کاهش یافت. در نتیجه نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر از ۰/۸۱ در گیاهان بدون تیمار به ۰/۶۷ در پایه GN15، سوپرنوا و ۷-۹ پیوند شده روی پایه GN15 کاهش نشان داد. در مجموع رقم‌های ۲۵-۱ و کاغذی متحمل‌ترین و رقم‌های ۷-۹ و سوپرنوا حساس‌ترین رقم‌ها نسبت به افزایش بی‌کربنات آب آبیاری تشخیص داده شدند.

واژه‌های کلیدی: آهک خاک، پایه بادام، کلروفیل، کلروز، صفات مرفولوژیک

مقدمه

کلروز در نتیجه به هم خوردن توازن تغذیه‌ای در رشد درختان میوه ایجاد می‌شود که به دلیل محدودیت آهن قابل استفاده گیاه در محیط‌های قلیائی می‌باشد. این وضعیت مشکل بزرگی برای درختان میوه در خاک‌های آهکی کشورمان محسوب می‌شود. کنترل کلروز آهن با کلات آهن به طور گسترده در مدیریت تغذیه باغ‌ها انجام می‌شود، اما دارای هزینه‌های بالا و خطرات بالقوه زیست محیطی است. عوامل کلات کننده مختلفی در تولید کودهای کلات آهن استفاده می‌شود که معروف‌ترین آنها شامل اتیلن دی امین تترا استیک اسید (EDTA)، دی اتیلن تری امین پنتا استیک اسید (DTPA) و اتیلن دی امین دی ارتو هیدروکسی فنیل استیک اسید (EDDHA) می‌باشند. بنیان‌های کودهای کلات آهن ذکر شده به علت دارا بودن اتیلن به عنوان هورمون رشد، مواد هورمونی محسوب می‌شوند و بنابراین برای محصولات و نیز انسان مضر می‌باشند (۶). علاوه بر این بخشی هر چند ناچیز از ترکیبات کلاته کننده مذکور با نگهداری آهن به عنوان فلز سنگین در ساختمان خود در طولانی مدت تجزیه می شوند، بنابراین با بهم زدن تعادل اکولوژیکی عناصر غذایی می‌توانند با مخاطرات زیست محیطی همراه باشند. هرچند امروزه استفاده از نانوکلات‌ها تا حدودی این مشکل را حل کرده است. اما تولید و تهیه نانوکلات به صرف هزینه بیشتری نیاز دارد (۶). چنین محدودیت‌های موجب شده که استراتژی‌های جایگزین برای مدیریت تغذیه آهن با

۱- دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: k.parvizi@areeo.ac.ir)
۳- کارشناس ارشد بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
۴- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران
DOI: 10.22067/jhorts4.v34i2.79027

توجه به پارامترهای خاک و گیاه در نظر گرفته شود. به منظور سرعت بخشیدن به برنامه‌های اصلاحی، باید از روش‌های ارزیابی اولیه در تهیه پایه‌ها و ارقام متحمل به کلروز آهن بهره‌گیری شود. هیبرید هلو بادام (GF 677) به طور گسترده به عنوان پایه رویشی بادام، هلو و شلیل در حوضه مدیترانه استفاده می‌شود که علاوه بر مقاومت به خشکی، تحمل زیادی به کلروز آهن دارد. معمولا مقدار آهن قابل جذب در گیاهان با مقدار کربنات کلسیم و یون بی‌کربنات موجود در خاک ارتباط مستیم دارد (۱۵). در آزمایشی گلدانی با خاک قلیایی بر روی نهال‌های درختان غیر پیوندی به و گلابی پیوند شده روی پایه رویشیAB29 با محلول غذائی حاوی آهن و فاقد آن، میزان جذب آهن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج ارزیابی شش هفته پس از اعمال تیمار نشان داد که نهال گلابی پیوند شده روی پایه رویشی به، تحمل بیشتری نسبت به فقر آهن داشته و برگ‌های درختان غیر پیوندی به و تیمار شده با محلول غذائی فاقد آهن، از میزان جذب آهن کمتری برخوردار شدند (۲۵). همچنین با مطالعه‌ی دیگری که به بررسی اثر کمبود آهن بر عملکرد و کیفیت میوه در دو رقم هلوی پوست زرد و هلوی پوست قرمز انجام گرفته بود، مشخص شد که در هر دو رقم کمبود آهن باعث کاهش وزن و تعداد میوه شده ومیوه‌ها اندازه کوچک‌تری داشتند (۱). در پژوهش سرجیو و همکاران (۲۶) میزان فعالیت آنزیمی FC-R و همچنین شاخص کلروفیل (SPAD) هلوی پیوند شده بر روی پایه رویشی آلو در شرایط خاک آهکی و در محیط کشت هیدروپونیک با محلول غذائی رقیق شده (نیم غلظت هوگلند) و پس از چهار روز انتقال به محلول کلات آهن۱۸۰ میلی مول در لیتر، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که فعالیت آنزیمی FC-R برای همه تیمارها در شرایط درون بدنی[1] بعد از عرضه مجدد آهن ۱۸۰ میلی‌مول در ژنوتیپ‌های، Kymsk68، PAC9921 ، FelinemPVP، AdesotoPVP و GF677 نسبت به شاهد بالاتر بودند. در مجموع پایه‌های رویشی که القاء فعالیت FC-R بالاتری داشتند، دارای میزان شاخص کلروفیل (SPAD) بالاتری بودند. در پژوهش دیگری با ارزیابی میزان کلروفیل a و b در انگور رقم "Chardony" پیوند شده روی پایه‌های رویشی با گلدان‌های برخوردار از خاک آهکی، معلوم شد که مهمترین عامل برای ایجاد کلروز در انگور، غلظت بی‌کربنات در محلول خاک می‌باشد که سبب حلالیت کم آهن در خاک می‌گردد (۷). در پژوهش کامبرول و همکاران (۵) اثرات طیف وسیعی از محتوای کربنات کلسیم خاک (صفر تا ۶۰ درصد) بر رشد گیاه و عملکرد فتوسنتز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج مشخص کرد که بالاترین غلظت آهک خاک سبب کاهش عملکرد فتوسنتز تا حد ۲۰ درصد و در نتیجه کاهش شدید در رشد گیاهان گردید (۵). در پژوهش مرال و همکاران (۲۳) آن اثر سطوح مختلف آهن بر رشد و فتوسنتز قلمه جوانه‌دار نارنگی Murcott پیوند شده روی پایه رویشی با شرایط pH بالا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که بین علائم کلروز آهن، غلظت کلروفیل برگ، شاخص کلروفیل (SPAD) و کلروز بین تیمارها و پایه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد. گیاهان شاهد، بیشترین سطح برگ را تولید کردند در حالی که گیاهان رشد کرده در شرایط فاقد آهن، کمترین میزان سطح برگ را داشتند.

در منابع مختلف درخت بادام به عنوان گیاه مقاوم به کلروز معرفی شده است، اما استفاده از پایه‌های هیبرید هلو بادام مثل GF677 و GN15 نشان می‌دهد که تحمل درخت بادام به کلروز روی پایه‌های مختلف، متفاوت می‌باشد (۳). پیوند تکنیکی است که ممکن است در تحمل درختان میوه نسبت به کلروز ناشی از کمبود آهن اثر بگذارد (۲۵). لذا این تحقیق به منظور بررسی اثر بی‌کربنات کلسیم بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام انتخابی بادام بر روی پایهGN15 انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال‌های ۱۳۹۳ و۱۳۹۴ به منظور ارزیابی مقاومت به بی‌کربنات کلسیم و میزان کلروز ایجاد شده در ارقام انتخابی بادام روی پایه رویشی GN15 (هیبرید هلو و بادام) به صورت آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه انجام گرفت. فاکتور اول با عامل بی‌کربنات کلسیم به صورت جرم مولی (مولکول گرم) در پنج سطح (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌مول در لیتر) و فاکتور دوم شامل ارقام بادام در ده سطح (سوپرنووا، ۲۵-۱، ۴۰-۱۳، مامایی، ۱۶-۱، کاغذی، سهند، A۲۰۰، 7-9 پیوند شده بر روی پایه GN15 و همچنین پایه GN15 (عدم انجام پیوند)) بود. هر واحد آزمایش شامل یک گلدان که پایه مورد نظر در آن کشت گردید. برای اجرای این آزمایش در بهار ابتدا ارقام بادام و پایه‌های رویشیGN15 ریشه‌دار شده در گلدان‌های پلاستیکی به تعداد ۱۵۰ عدد و به ابعاد ۳۰ در ۴۵ سانتی‌متر که ترکیب بستر گلدان‌ها شامل پرلیت (۵۰ درصد) و کوکوپیت (۵۰ درصد) بود، کشت شدند. اندازه‌گیری pH بستر کاشت با استفاده از دستگاه pH سنج (Ph 209, HANNA) و EC با استفاده از EC سنج (EC215, HANNA) انجام شد. میزان pH بسترهای کاشت ۶/۸ و EC آن‌ها ۰/۴۶ دسیزیمنس بر متر بود. برای خروج آب اضافی و جمع‌آوری زه آب، کف سطل‌ها سوراخ شده و یک لایه شن درشت در کف سطل‌ها ریخته شده و مابقی حجم سطل‌ها با بستر مورد نظر پر شدند. پس از اینکه پایه‌ها ۸ تا ۱۰ برگه شده و به قطر حدود ۱/۵ تا ۲ سانتی‌متر رسیدند، عملیات پیوند جوانه و به شکل T بر روی آن‌ها انجام شد. جهت انجام پیوند جوانه‌های قوی‌تر و از پیوندک‌های با قطر شاخه

1- *In vivo*

حدود ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متر انتخاب شدند. بلافاصله پس از پیوند سربرداری صورت گرفت. پس از اینکه رشد پیوندک‌ها به ۱۰ تا ۱۲ سانتی‌متر رسید، اعمال تیمار بی‌کربنات کلسیم آغاز شد. برای اعمال تیمارهای بی‌کربنات، بی‌کربنات کلسیم ساخت شرکت مرک آلمان با درصد خلوص ۹۰ درصد خریداری شده بود، به ترتیب به میزان ۱/۶۲، ۳/۲۴، ۴/۸۶و ۶/۴۸ گرم بی‌کربنات کلسیم $Ca\ (HCo_3)_2$ در لیتر بعلاوه ۱۰ درصد کسری خلوص ماده شیمیایی فوق تهیه گردیده و به گلدان‌ها به مدت ۹۰ روز و در هر نوبت آبیاری (دوره ۱۰ روزه) مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر از غلظت‌های تهیه شده از تیمارهای مورد نظر به هر گلدان اضافه شد (۹). غلظت بی‌کربنات موجود در آب شهری قبل از آبیاری محاسبه و تهیه غلظت‌ها بر اساس آن لحاظ گردید. برای تعیین خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده نیز قبل از اعمال تیمارهای بی‌کربنات کلسیم، از آب، نمونه تهیه شده و در آزمایشگاه تجزیه گردید (جدول ۱). در طول فصل رویشی دو نوبت زه‌آب مربوط به هر تیمار جمع آوری و در آزمایشگاه pH، غلظت کربنات و بی‌کربنات موجود در هر نمونه تعیین گردید (جدول ۲).

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی آب مورد استفاده
Table 1- Chemical analysis results of used water

عناصر Minerals	K	P	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Cl^-	$HCo3^-$	pH	EC (dS/m)
غلظت Concentration (mg L^{-1})	4.1	0/08	41	38	15	0.3	0.03	1.3	0	25	52	7.2	0.52

جدول ۲- مقادیر بی‌کربنات کلسیم و واکنش pH خاک درگلدان‌ها پس از اعمال تیمار
Table 2- Calcium bicarbonate and soil pH reaction in the pots after treatment

بی‌کربنات کلسیم Calcium bicarbonate $Ca(HCO_3)_2$ (g L^{-1})	بی‌کربنات Bicarbonate (mM L^{-1})	واکنش خاک pH pH (Soil reaction)
0 (control) شاهد	0	7.4
1.62	10	7.55
3.24	20	7.65
4.86	30	7.9
6.48	40	8.8

شاخص کلروفیل: پس از اعمال تیمارها در دو مرحله به فواصل ۳۰ و ۹۰ روز، شاخص کلروفیل برگ‌های شاخه اصلی پیوندک‌ها با استفاده دستگاه کلروفیل متر مدل SPAD 502 Minolota اندازه‌گیری شد. بدین منظور از هر واحد آزمایشی شش برگ در موقعیت یک سوم بالائی نهال، انتخاب و از قسمت وسط برگ اندازه‌گیری صورت گرفت (۲۸).

اندازه‌گیری کلروفیل‌های a، b و کارتنوئید: به منظور اندازه‌گیری میزان کلروفیل‌های a، b و کارتنوئید، برگ‌ها، مقدار ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ‌های بالائی شاخه اصلی توزین و در هاون چینی ریخته سپس نمونه‌های گیاهی با استفاده از نیتروژن مایع خرد شده و توده یکنواختی بدست آمد. ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه‌ها اضافه شده و سپس محلول حاصل با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. مقداری از نمونه داخل بالن درکووت اسپکتروفتومتر ریخته و مقدار جذب در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر (کلروفیل a)، ۶۵۴ نانومتر (کلروفیل b) و ۴۷۰ نانومتر (کاروتنوئید) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدلDR2000) قرائت شد. میزان کلروفیل a، b و کارتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم از روش آرنون (۲) محاسبه گردید.

اندازه‌گیری پارامترهای فلورسانس کلروفیل: برای اندازه‌گیری پارامترهای فلورسانس کلروفیل در هرگیاه، نمونه‌گیری از برگ‌های بالایی شاخه سال‌جاری (برگ‌های توسعه یافته از گره‌های ۴ و ۵) انجام شد. ابتدا گیره‌های اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل به برگ‌ها وصل شد طوری که قسمتی از برگ به مدت ۲۵ تا ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفت. سپس با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فلورسانس مقدار Fo و Fm قرائت شدند. مقدار Fv از تفاضل Fm و Fo محاسبه شد. مقدار Fv/Fm از رابطه (Fm-Fo/Fm) استفاده گردید (۳).

اندازه‌گیری صفات مرفولوژیک: در انتهای فصل رشد و پس از پایان دوره رشد، میزان رشد طولی و قطری شاخه سال‌جاری و طول و عرض برگ هر یک از ارقام بادام برروی پایه‌ها در تیمارهای مختلف بی‌کربنات اندازه‌گیری و یادداشت برداری شد. طول و عرض برگ توسط خط‌کش، رشد قطری بوسیله کولیس و رشد طولی تنه آن‌ها توسط متر اندازه‌گیری شدند.

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر غلظت بی‌کربنات کلسیم و نوع پایه بر برخی شاخص‌های رشد و فیزیولوژیک ارقام بادام پیوند شده بر روی پایه رویشی GN15

Table 3- ANOVA for the effect of calcium bicarbonate concentration and rootstock type on some growth and physiological indices of almond cultivars grafted on GN15 rootstock

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares							
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کارتنوئید Cartenoid	شاخص کلروفیل Spad	فلورسانس حداقل Fluorescence $_{min}$ (Fo)	فلورسانس حداکثر Fluorescence $_{max}$ (Fm)	فلورسانس متغیر Fluorescence $_{Variable}$ (Fv)	فلورسانس متغیر به حداکثر Fv/Fm
بی‌کربنات Bicarbonate	4	0.333**	0.380 **	.038 **	193.85 **	1435.95 **	1157.79 **	387.05**	0.17 **
رقم Cultivar	9	0.2120 **	0.036 **	0.031 **	400.43 **	542.18 **	1242.051 **	946.3 **	0.001 **
رقم × بی‌کربنات Bicarbonate×Cultivar	36	0.006 **	0.008 ns	0.001 ns	6.07 *	13.18 ns	5497.41 ns	2853.2ns	0.0005 ns
خطا Error	98	0.005	0.003	0.006	1.61	30.85	1375.8	1147.4	0.0003
ضریب تغییرات C.V.(%)		2.90	3.3	6.19	3.01	2.58	3.89	3.56	2.35

** و *: به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد، ns: نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

**and *: significant at 1 and 5 of probability level, respectively). ns: no significant.

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر غلظت بی‌کربنات کلسیم و نوع پایه بر برخی شاخص‌های رشد و فیزیولوژیک ارقام بادام پیوند شده بر روی پایه رویشی GN15

Continued Table 3- ANOVA forthe effect of calcium bicarbonate concentration and rootstock type on some growth and physiological indices of almond cultivars grafted on GN15 rootstock

		میانگین مربعات Mean of squares				
منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی Df	ارتفاع دانهال Seedling height	ارتفاع شاخه سال جاری Current branch height	قطر شاخه سال جاری Current branch diameter	عرض برگ Leaf width	طول برگ Leaf length
بی‌کربنات Bicarbonate	4	109.47 **	121.966 **	0.907 **	3.097 **	8.12 **
رقم Cultivar	9	13.45 **	992.22 **	0.280 **	0.084 *	1.31 **
رقم × بی‌کربنات Bicarbonate× Cultivar	36	1.43 **	737.6 **	0.09 ns	0.05 ns	0.11 **
خطا Error	98	0.64	240.0	0.047	0.009	0.015
ضریب تغییرات C.V (%)		12.12	6.8	10.63	10.38	5.99

** و *: به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد، ns: نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

**and*: significant at 1% and 5% of probability levelrespectively. ns: no significant.

نتایج و بحث

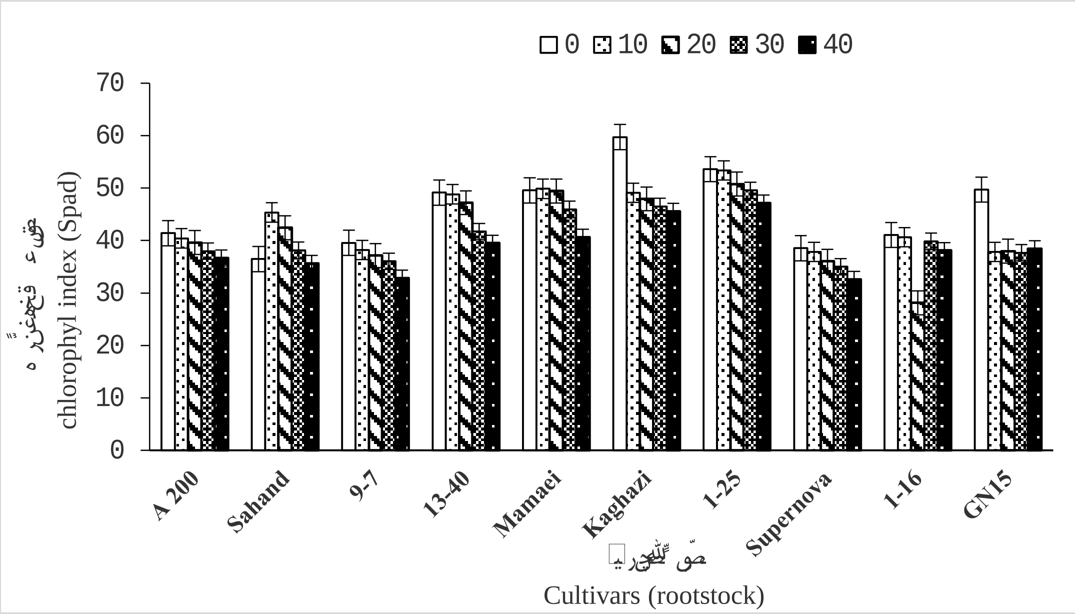
بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس مشخص شد که اثرات بی‌کربنات کلسیم، رقم و همچنین اثرات متقابل آن‌ها بر محتوی کلروفیل a وb معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که محتوی کلروفیل a و b طی دوره اعمال تیمار، با افزایش غلظت بی‌کربنات کلسیم در آب آبیاری، در تمامی ارقام به نسبت مختلف کاهش یافت کمترین میزان کاهش کلروفیل a و b در برگ‌های ارقام کاغذی، مامائی، ۲۵-۱ و۴۰-۱۳و بیشترین کاهش در ارقام سوپرنوا، ۷-۹ و پایه GN15 مشاهده شد (جدول ۳).

درباره دلایل کاهش میزان کلروفیل برگ با افزایش بی‌کربنات می‌توان به اختلال در جذب آهن و غیرفعال شدن آن و نقش آهن در سنتز کلروفیل اشاره کرد. این نتایج حاکی از آن است که میزان کلروفیل b به مقدار بیشتری از کلروفیل a تحت اثر تیمار بی‌کربنات کلسیم کاهش می‌یابد. توانایی گیاهان به کاهش میزان کلروفیل در حد محدود، می‌تواند حالتی از خوگیری گیاهان به تنش باشد چرا که در تنش‌های شدید، امکان آسیب بیشتر به دستگاه فتوسنتزی با تشکیل بیشتر رادیکال‌های آزاد اکسیژن فراهم می‌گردد (۱۴). دسترسی نداشتن گیاه به عنصر آهن به ساخت کلروفیل صدمه می زند (۸). کاهش غلظت کلروفیل، قدرت رشد و مقاومت به تنش را در گیاه کاهش می‌دهد (۳۱). اما تفاوت در میزان کاهش کلروفیل در سطوح مختلف بی‌کربنات در ارقام مختلف می‌تواند ناشی از ظرفیت این ارقام در تحمل به سطوح بالاتر بی‌کربنات و امکان سنتز پروتئین‌های کلروپلاست سلول‌های برگ حتی با کمبود نسبی آهن باشد (۱۸). تفاوت در واکنش ارقام مختلف به سنتز کلروفیل در سطوح مختلف بی‌کربنات در این آزمایش با نتایج منظری توکلی و همکاران (۲۰) مطابقت دارد.

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس میزان کارتنوئید به صورت معنی‌داری تحت تاثیر سطوح بی‌کربنات و رقم قرار گرفت اما اثر متقابل بین آن‌ها بر میزان کارتنوئید معنی‌دار نشد (جدول ۳). با مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) مشخص شد در تمامی ارقام و همچنین پایهGN15 با افزایش غلظت بی‌کربنات کلسیم، میزان کارتنوئید کاهش یافت. کمترین میزان کاهش کارتنوئید در تیمار بدون بی‌کربنات و بیشترین میزان کاهش کارتنوئید در بالاترین سطح بی‌کربنات (۴۰ میلی مول در لیتر) مشاهده شد. همچنین تفاوت قابل توجهی بین ارقام و پایه‌ها در میزان کارتنوئید برگ ایجاد شد. به نحوی که در برگ‌های ارقام سوپرنوا،۷-۹ و پایه GN15 به ترتیب بیشترین میزان کاهش کارتنوئید و در رقم‌های، کاغذی، ۲۵-۱، مامائی و۴۰-۱۳ کمترین میزان کاهش کارتنوئید مشاهده شد. کارتنوئیدها از مهمترین رنگدانه‌های فتوسنتز هستند. pH بالا ناشی از تنش قلیائیت سبب تخریب کلروپلاست و کاهش فعالیت فتوسنتزی گیاهان می‌شود. تحت شرایط بی‌کربنات، کاهش غلظت آهن برگ سبب کاهش کلروفیل و کارتنوئید می‌شود(۱۹). همچنین مشخص شده است که غلظت بهینه آهن در برگ برای فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ضروری می‌باشد و کمبود آهن موجب کاهش فعالیت این آنزیم‌ها شده و همزمان با آن افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و در نتیجه تغییر در زنجیره انتقال الکترون موجب خسارت به کلروپلاست ، کاهش کلروفیل و کاهش سنتز کارتنوئیدها می‌شود (۱۸). کاهش میزان کارتنوئید با سطوح بالای بیکربنات در پژوهش با نتایج مومن پور و همکاران (۲۴) مطابقت دارد.

نتایج آزمایش نشان داد که اثر بی‌کربنات، اثر رقم و اثر متقابل بین آن‌ها بر میزان شاخص کلروفیل در برگ‌های ارقام بادام معنی‌دار شد (جدول ۳). میزان شاخص کلروفیل با افزایش سطوح بی‌کربنات در آب آبیاری کاهش یافت به طوری که بیشترین کاهش میزان شاخص کلروفیل در تیمار۴۰ مول در لیتر مشاهده شد. میزان کاهش شاخص کلروفیل در بین برگ‌های ارقام مورد مطالعه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشت به طوری که بیشترین میزان کاهش شاخص کلروفیل در برگ‌های واریته ۷-۹، سوپرنوا، ۱۶-۱و پایه GN15، و کمترین میزان کاهش آن به ترتیب در کاغذی و ژنوتیپ‌های ۲۵-۱، ۴۰-۱۳ و مامائی مشاهده شد (شکل ۱). نتایج این پژوهش در واکنش متفاوت پایه‌های پیوندی در سطوح مختلف بیکربنات به میزان شاخص کلروفیل با پژوهش‌های مرال و همکاران (۲۳) همخوانی دارد.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح بی‌کربنات کلسیم و رقم بر میزان فلورسانس حداقل (Fo) و حداکثر (Fm) و همچنین فلورسانس متغیر در برگ‌های بادام معنی‌دار شده است. اما اثر متقابل رقم و سطوح بی‌کربنات بر این صفات معنی‌دار نشده است (جدول ۳). بیشترین افزایش میزان فلورسانس حداقل، در تمامی ارقام در تیمار۴۰ میلی مول برلیتر، کمترین میزان کاهش فلورسانس حداکثر برگ و بیشترین میزان کاهش فلورسانس حداکثر برگ، به ترتیب در تیمار بدون بی‌کربنات کلسیم و بالاترین سطح بی‌کربنات۴۰ میلی‌مول در لیتر مشاهده شد (جدول ۴). مقایسه میانگین این صفات نشان می‌دهد که درسطوح مختلف اعمال تیمار بی‌کربنات، از نظر میزان فلورسانس حداقل و حداکثر در برگ‌های ارقام اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به نحوی که کمترین میزان افزایش فلورسانس حداقل به ترتیب، در برگ‌های گیاهان بدون تیمار، رقم‌های مامائی، کاغذی و ژنوتیپ ۲۵-۱ و بیشترین میزان آن، در برگ‌های پایه GN15، رقم سوپرنوا، ژنوتیپ ۷-۹ و ۴۰-۱۳ که تحت تیمار۴۰ میلی‌مول بر لیتر بی‌کربنات کلسیم مشاهده شد.

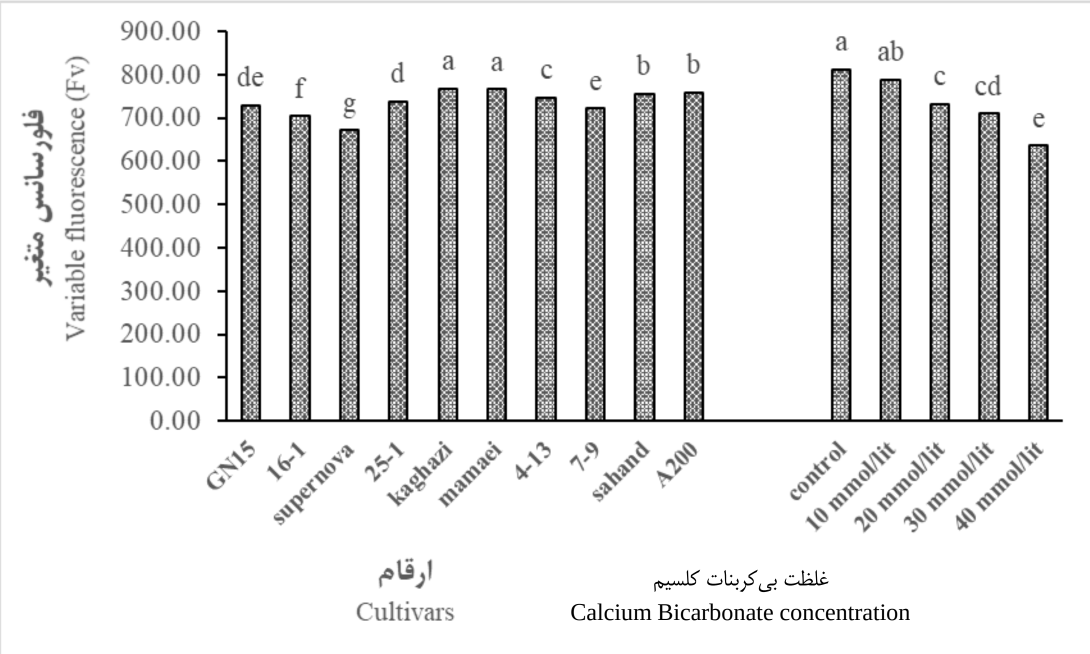


شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × غلظت بی‌کربنات بر شاخص کلروفیل ارقام بادام پیوند شده بر روی پایه رویشی GN15

Figure 1- The interaction effect of cultivar ×bicarbonate concentration on chlorophyll index of almond cultivars grafted on GN15 rootstock. (DMRT, *p≤0.05*)

همچنین کمترین میزان فلورسانس حداکثر، در رقم سوپرنوا، پایه GN-15، ژنوتیپ ۷-۹ و ۱۶-۱ و بیشترین میزان فلورسانس حداکثر در ارقام مامائی، کاغذی و ژنوتیپ ۲۵-۱ مشاهده شد (جدول ۴). دو رقم کاغذی و مامایی به ترتیب با ۷۶۷/۸ و ۷۶۶/۴ از بیشترین میزان فلورسانس متغیر برخوردار شدند که به نسبت به سایر ارقام تفاوت معنی‌دار نشان دادند. کمترین میزان فلورسانس متغیر (متوسط ۶۷۱) با رقم سوپرنوا حاصل شد و از این نظر با سایر ارقام تفاوت معنی‌دار داشت. بیشترین میزان فلورسانس متغیر در دو تیمار شاهد (عدم استفاده از بیکربنات کلسیم) و با کاربرد ۱۰ میلی‌مول در لیتر بی کربنات کلسیم حاصل شد که نسبت به سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار ایجاد شد. کمترین میزان فلورسانس متغیر با متوسط ۶۳۶/۹ در تیمار ۴۰ میلی‌مول در لیتر بی‌کربنات کلسیم ایجاد شد و از این حیث اختلاف معنی‌دار با سطوح دیگر بی‌کربنات و نیز تیمار شاهد داشت (شکل ۲). فلورسانس کلروفیل یکی از راه‌های مصرف انرژی برانگیختگی در فتوسنتز است که به طور گسترده‌ای در پژوهش‌های فتوسنتز به کار گرفته می‌شود. همچنین فلورسانس کلروفیل برای تعیین وضعیت فیزیولوژی گیاه و میزان آسیب وارده به دستگاه فتوسنتزی استفاده می‌شود (۱۳). در تحقیقی مشابه که در آن واکنش های پایه‌های رویشی مرکبات به کمبود آهن که رشد یافته در محلول غذائی با سطوح مختلف آهن در شرایط خاک آهکی مورد ارزیابی قرار گرفت، وضعیتی مشابه با پژوهش حاضر حاصل شد، به طوری که با کاهش سطح آهن محلول غذایی، میزان فلورسانس حداکثر کلروفیل کاهش و فلورسانس حداقل افزایش یافت (۲۲).

نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس نشان داد که اثر بی‌کربنات کلسیم و همچنین اثر رقم بر شاخص Fv/Fm کلروفیل برگ‌ها معنی‌دار شد (جدول ۳). با افزایش غلظت بی‌کربنات کلسیم میزان شاخص Fv/Fm کلروفیل دربرگ‌های واریته‌ها و ژنوتیپ‌های بررسی شده کاهش یافت (جدول ۴). بیشترین میزان شاخص Fv/Fm کلروفیل در رقم کاغذی و ۲۵- ۱ و با غلظت ۲۰ مول در لیتر، و کمترین میزان دامنه فلورسانس متغیر در برگ‌های ارقام به ترتیب، سوپرنوا، پایه GN15 و ژنوتیپ ۷-۹ و با غلظت ۴۰ میلی‌مول بر لیتر بی‌کربنات مشاهده شد. شاخص Fv/Fm کلروفیل، در برگ‌های گیاهان شاهد ارقام بررسی شده در حدود ۰/۷۹ تا ۰/۷۶ بود که نشان دهنده وجود شرایط محیطی ایده آل و فاقد تنش برای رشد تمامی ارقام درکل دوره آزمایش بود. در بسیاری از گونه‌های گیاهی زمانی‌که شاخص Fv/Fm در حد ۰/۷۹باشد، به این مفهوم است که تنشی برگیاه وارد نشده است و لذا مقادیر کمتر، حاکی از وجود تنش در گیاهان است.



شکل ۲- اثرات اصلی رقم و غلظت بی‌کربنات بر میزان فلورسانس متغیر ارقام بادام پیوند شده بر روی پایه رویشی GN15

Figure 2- The effects of cultivar and bicarbonate concentration on variable fluorescence (Fv) of almond cultivars grafted on GN15 rootstock. (DMRT, $p≤0.05$)

شاخص Fv/Fm در برگ سازگار شده به تاریکی، نشان دهنده حداکثر کارایی کوانتوم فتوسیستم می‌باشد و به طور گسترده‌ای برای نشان دادن اختلال ایجاد شده در مراکز فیتوشیمیای در اثر تنش استفاده می‌شود (۳۰). تحقیقات نشان داده است که همبستگی بالایی بین توقف فتوسنتز و کاهش میزان Fv/Fm وجود دارد، لذا نسبت Fv/Fm به عنوان شاخص مناسبی برای نشان دادن بازدارندگی نوری مد نظر قرار می‌گیرد (۴). نسبت Fv/Fm بیشترین کارایی کوانتومی فتوسیستم II برای تبدیل نور جذب شده به انرژی شیمیایی را نشان می‌دهد. گزارش‌های کمی درباره اثر تنش قلیائیت بر روی فتوسنتز، مخصوصاً کلروفیل فلورسانس وجود دارد (۱۷). با وجود این، بازداشتن فتوسنتز و به تأخیر انداختن رشد گیاه بر اثر تنش قلیاییت در برخی پژوهش‌ها گزارش شده‌است (۳۲). نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج بدست آمده منظری توکلی و همکاران (۲۰) و همچنین دونینی و همکاران (۹) مطابقت دارد.

با تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که اثرات رقم و سطوح بی‌کربنات بر میزان ارتفاع و قطر شاخه سال جاری و همچنین قطر تنه نهال معنی‌دار شد. اثر متقابل رقم و بی‌کربنات در ارتفاع شاخه سال جاری معنی‌دار شد. اما تاثیر معنی‌داری در اثر متقابل رقم و سطوح بی‌کربنات بر قطر شاخه سال جاری ایجاد نشد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بی‌کربنات سبب کاهش رشد و ارتفاع و همچنین قطر شاخه سال‌جاری می‌شود. ضمن اینکه واکنش پایه‌های مورد بررسی نیز متفاوت بوده است. به طوری‌که بیشترین میزان کاهش رشد ارتفاع و قطر در رقم‌های سوپرنوا، ۷-۹ و پایه GN15 و کمترین میزان کاهش رشد در ارقام کاغذی، ژنوتیپ‌های ۲۵-۱ و ۴۰-۱۳مشاهده شد. همچنین مشخص شد که قطر شاخه سال‌جاری در رقم‌های کاغذی، ۲۵-۱ و ۴۰-۱۳ تفاوت بارزی از هم نداشتند (شکل ۳ و ۴). بی‌کربنات بالا با غیر فعال کردن و کاهش جذب آهن به طور غیر مستقیم موجب کاهش سنتز DNA، تقسیم سلولی و در نتیجه کاهش رشد سلول‌ها و زیست توده گیاهی می‌شود (۲۱). همچنین بیکربنات از طریق افزایش pH شیره سلولی در درون آوندها سبب رسوب و غیرفعال شدن برخی از عناصر غذایی نظیر آهن و روی در گیاه میگردد. از طرفی روی به طور مستقیم در سنتز تریپتوفان که پیشساز سنتز اکسین است، تاثیرگذار می‌باشد. بی‌کربنات بالا با کاهش جذب روی به طور غیر مستقیم موجب پائین آوردن سطوح اکسین داخلی در گیاه شده و نتیجه این فرآیند اختلال در رشد و در نهایت کاهش محصول می‌باشد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۲). با پژوهشی ایمانی و همکاران (۱۰) اثر سطوح بیکربنات کلسیم بالا در محلول غذایی (۷/۵ و ۱۵ میلی مول) بر کاهش صفات رشدی پایه‌های رویشی سیب مورد تأئید قرار گرفت که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. همچنین نتایج حاصله از این تحقیق در واکنش متفاوت پایه‌ها به اثرات بیکربنات بر کاهش ارتفاع و قطر شاخه جاری در بادام با نتایج پژوهش قاسمی و همکاران (۱۱)

مطابقت دارد.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر بی‌کربنات کلسیم و رقم بر طول و عرض پهنک برگ معنی‌دار شده است. در حالی‌که اثر متقابل بین رقم و بی‌کربنات صرفا بر طول پهنک برگ معنی‌دار گردید و در عرض پهنک برگ تفاوت معنی‌داری ایجاد نشد (جدول ۳). با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که اندازه طول و عرض پهنک برگ در تمامی ارقام مورد مطالعه با افزایش غلظت بی‌کربنات کلسیم در آب آبیاری، کاهش یافت. بیشترین طول و عرض برگ در تیمار بدون بی‌کربنات کلسیم و کمترین طول و عرض برگ در بالاترین سطح بی‌کربنات (۴۰ میلی‌مول در لیتر) مشاهده شد. همچنین میزان کاهش طول و عرض برگ در ارقام پیوندی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشت، به نحوی که کمترین میزان کاهش طول و عرض برگ در رقم‌های کاغذی، مامائی و ۲۵-۱ و بیشترین کاهش سطح برگ در ارقام سوپرنوا، ۷-۹ و پایه GN15 مشاهده شد (شکل ۵ و ۶). یکی از خصوصیات مهم برای ارزیابی رشد و نمو گیاه در شرایط تنش سطح برگ می‌باشد. برگ‌ها محل اصلی انجام فتوسنتز و تامین کننده مواد آلی می‌باشند.(۳۳). در خاک‌های آهکی به دلیل کاهش مقدار کافی آهن در سیمپلاست، رشد برگ کاهش می یابد (۱۲). اثرات مشخص بیکربنات بالا در کاهش رشد برگ در ارقام بادام و واکنش متفاوت پایه‌های بادام در این پژوهش با بررسی‌های انجام گرفته توسط تدین و همکاران (۲۷) در پرتقال و همچنین واهوم و گریتنر (۲۹) در زیتون و هلو شده مطابقت دارد.

جدول ٤- اثر متقابل رقم × غلظت بی‌کربنات برخصوصیات فیزیولوژیکی و صفات رشدی ارقام بادام پیوند شده بر روی پایه رویشی GN15

Table 4- The interaction effect of cultivar ×bicarbonate concentration on physiological characteristics and growth traits of almond cultivars grafted on GN15 rootstock

رقم Cultivar	بی‌کربنات کلسیم Calcium bicarbonate	کلروفیلa Chlorophyll a	کلروفیلb Chlorophyll b	کارتنوئید Carotenoid	فلورسانس حداقل Fluorescence min	فلورسانس حداکثر Fluorescence max	Fv/Fm
A 200	0	0.936 ab	0.869 a	0.448 c-e	207 o-t	1025 a-c	0.977 b-e
	10	0.924 a-d	0.708 d-g	0.458 b-d	210 k-s	999 a-g	0.847 a
	20	0.900 a-h	0.587 lm	0.437 c-g	216 f-o	979 b-j	0.779 b-l
	30	0.810 k	0.573 q	0.375 k-p	220 d-i	952 f-n	0.769 e-n
	40	0.703 op	0.486 q-s	0.318qr	223 c-g	913 l-o	0.754 l-o
سهند Sahand	0	0.919 a-d	0.758 ab	0.451 c-e	205 p-u	1031 ab	0.800 b-d
	10	0.912 a-f	0.727 bcd	0.422 e-g	207 o-t	1001 a-g	0.792 b-g
	20	0.789 e-i	0.647 k	0.395 h-m	210 k-s	969 d-l	0.782 b-l
	30	0.818 jk	0.506 q	0.395 h-m	214 h-p	937 h-o	0.771 d-n
	40	0.662 q	0.468 r-t	0.390 h-n	220 d-i	898 n-p	0.754 l-o
9-7	0	0.910 a-g	0.696 e-g	0.364 l-p	204 q-v	1027 a-c	0.800 bc
	10	0.903 a-h	0.659 h-k	0.369 k-p	207 n-t	1001 a-g	0.792 b-g
	20	0.808 k	0.583 lm	0.348 o-q	212 i-q	961 d-m	0.778 b-m
	30	0.729 mno	0.495 qr	0.348 o-q	220 d-i	898 n-p	0.754 l-o
	40	0.554 r	0.373 k	0.277 st	227 a-e	793 q-r	0.721 pq
13-40	0	0.917 a-e	0.748 a-c	0.437 c-g	215 h-o	1014 a-e	0.787 b-i
	10	0.937 a	0.723 c-e	0.453 c-e	219 e-j	1003 a-g	0.780 b-l
	20	0.885 d-i	0.708 d-g	0.444 c-f	224 a-f	975 b-k	0.769 e-n
	30	0.814 k	0.649 jk	0.400 g-l	228 a-d	948 g-n	0.758 i-o
	40	0.761 lm	0.546 o	0.338 p-r	232 ab	917 k-o	0.745 m-o
مامایی Mamaei	0	0.915 a-e	0.638 k	0.438 c-g	196 v	1007 a-g	0.805 b
	10	0.910 a-g	0.633 h-k	0.451 c-e	189 uv	988 a-h	0.799 b-d
	20	0.870 hi	0.678 g-j	0.420 e-j	201 t-v	986 a-i	0.796 b-e
	30	0.809 k	0.457 s-u	0.368 k-p	202 s-v	949 g-n	0.787 b-i
	40	0.721 nop	0.409 vw	0.339 rs	209 l-t	899 n-p	0.766 f-n

حروف مشترک در هرستون نشانگر عدم اختلاف معنی دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشد

The same letters in each column indicate no significant difference between the numbers at 5% of probability level using Duncan's Multiple Range Test

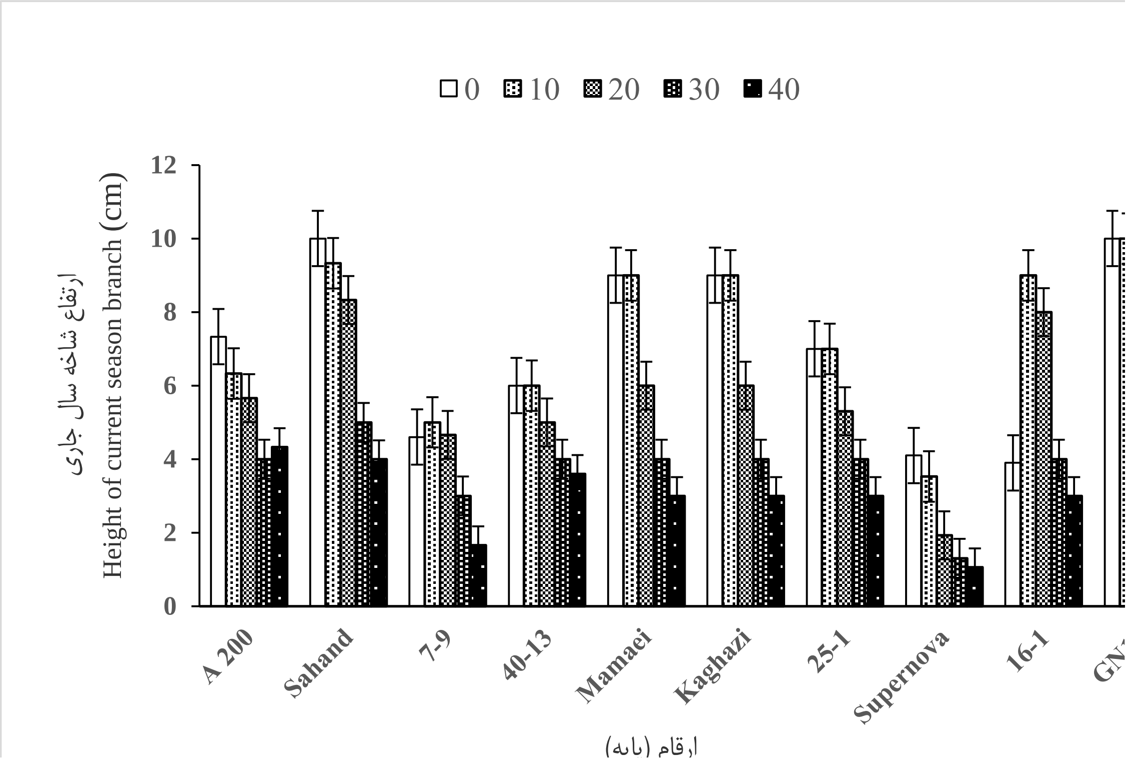
ادامه جدول ٤- اثر متقابل رقم × غلظت بی‌کربنات برخصوصیات فیزیولوژیکی و صفات رشدی ارقام بادام پیوند شده بر روی پایه رویشی GN15

Continued Table 4- Theeffect of cultivar and bicarbonate concentration on physiological characteristics and growth traits of of almond cultivars grafted on GN15 rootstock

رقم Cultivar	بی‌کربنات کلسیم Calcium bicarbonate	aکلروفیل Chlorophyll a	bکلروفیل Chlorophyll b	کارتنوئید Carotenoid	فلورسانس حداقل Fluorescence min	فلورسانس حداکثر Fluorescenc max	Fv/Fm
کاغذی Kaghazi	0	0.891 c-i	0.595 lm	0.497 ab	203 r-v	1011 a-f	0.798 b-e
	10	0.880 e-i	0.566 m-o	0.499 a	206 q-v	1000 a-g	0.793 b-g
	20	0.856 ij	0.545 op	0.502 a	213 i-q	989 a-h	0.784 b-k
	30	0.868 hi	0.512 q	0.505 a	215 g-o	968 c-l	0.777 b-m
	40	0.797 lm	0.515 pq	0.443 c-f	217 f-m	925 j-o	0.765f-n
1-25	0	0.889 c-i	0.579 l-n	0.467 a-c	209 l-t	1018 a-d	0.794 b-f
	10	0.920 a-d	0.549 no	0.494 ab	209 l-t	995 a-h	0.788 b-h
	20	0.886 c-g	0.564 m-o	0.471 a-c	213 i-q	917 k-o	0.775 c-m
	30	0.816 k	0.455 s-u	0.407 f-k	216 f-n	920 k-o	0.764 g-l
	40	0.764 lm	0.448 tu	0.346 o-q	222 b-g	908 m-o	0.755 k-o
سوپرنوا Supernova	0	0.898 b-g	0.678 g-j	m-q ۰0.35	208 m-t	1030 ab	0.785 b-i
	10	0.875 f-i	0.685 f-i	0.382i-o	210 j-s	1000 a-g	0.788 b-h
	20	0.808 k	0.639 k	0.337 p-r	213 h-p	747 r	0.774 c-n
	30	0.682 pq	0.388 wx	0.254 t	219 e-i	877op	0.749 m-o
	40	0.493 s	0.338 y	0.315 q-s	229 a-c	780 qr	0.705 q
1-16	0	0.900 a-h	0.779 a	0.422 d-i	210 k-s	993 a-h	0.789 b-h
	10	0.905 a-h	0.690 f-h	0.417 e-j	212 i-r	954 e-n	0.766 b-m
	20	0.898 b-h	0.658 i-k	0.419 d-j	213 h-p	926 i-o	0.769 e-n
	30	0.747 mn	0.495 q	0.361 l-p	217 f-k	895 n-p	0.756 j-o
	40	0.574 r	0.435 uv	0.306 rs	230 a-c	839 pq	0.734 op
پایه GN15 Rootstock GN15	0	0.924 abc	0.575 ab	0.383 i-o	210 n-s	1039 a	0.797 b-e
	10	0.903 a-h	0.763 a	0.392 h-m	214 h-p	1028 a-c	0.791 b-g
	20	0.872 gi	0.717 d-f	0.380 j-o	218 f-k	1003 a-g	0.781 b-l
	30	0.822 jk	0.604 l	0.383 i-o	224 b-g	937 h-n	0.760 h-o
	40	0.553 r	0.359 xy	0.360 l-p	233 a	739 r	0.683 q

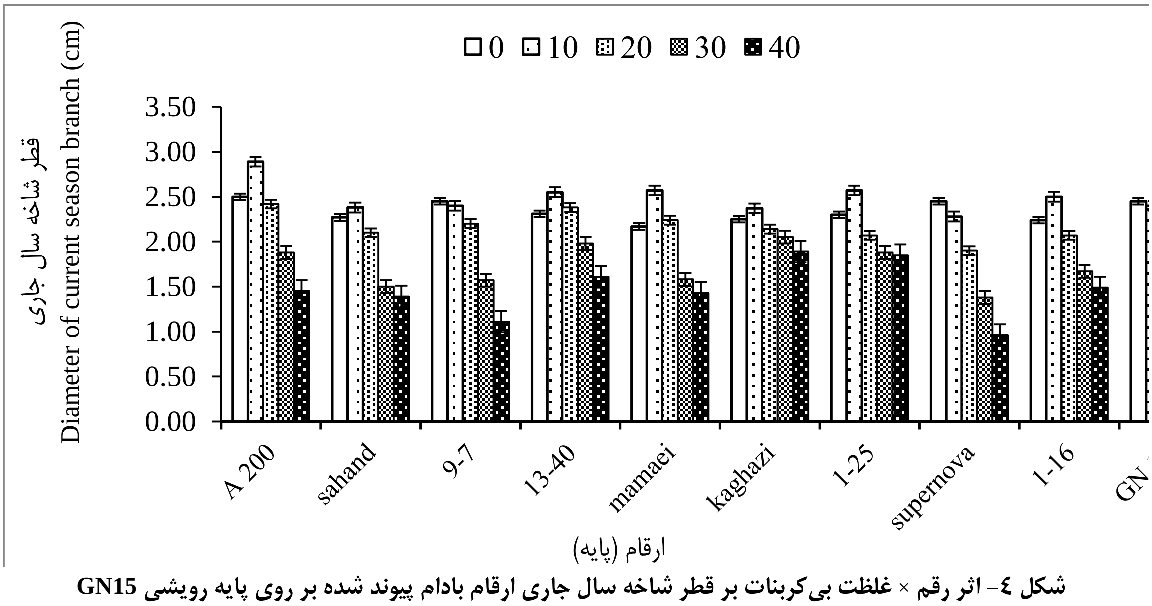
حروف مشترک در هر ستون نشانگر عدم اختلاف معنی دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد

The same letters in each column indicate no significant difference between the numbers at 5% of probability level using Duncan’s Multiple Range Test.



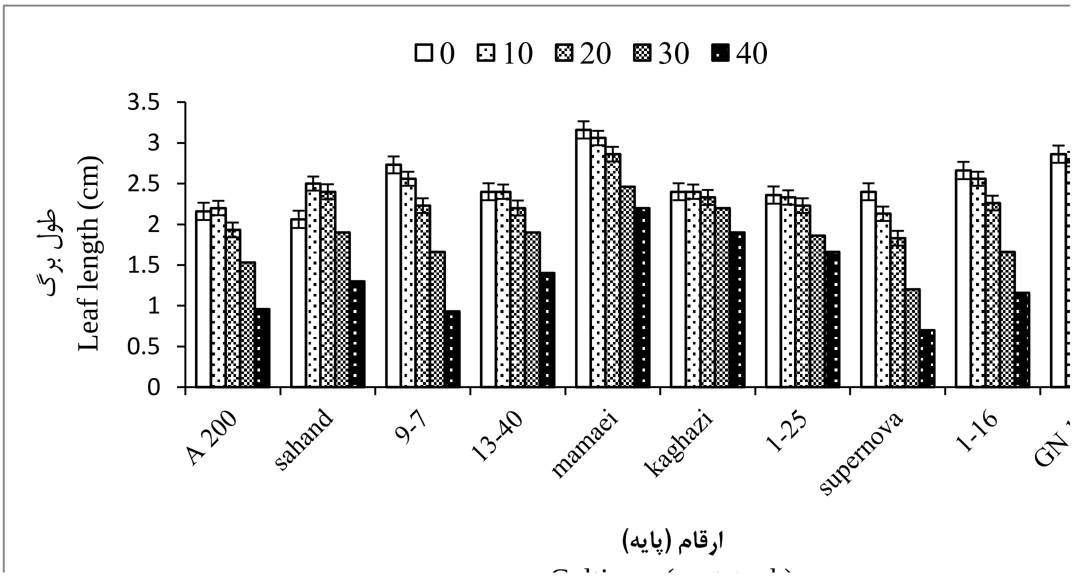
شکل ۳- اثر متقابل رقم × غلظت بی‌کربنات بر ارتفاع شاخه سال جاری ارقام بادام پیوند شده بر روی پایه رویشی GN15

Figure 3- The interaction effect of cultivar ×bicarbonate concentration on current season branch height of of almond cultivars grafted on GN15 rootstock. (DMRT, *p≤0.05*)



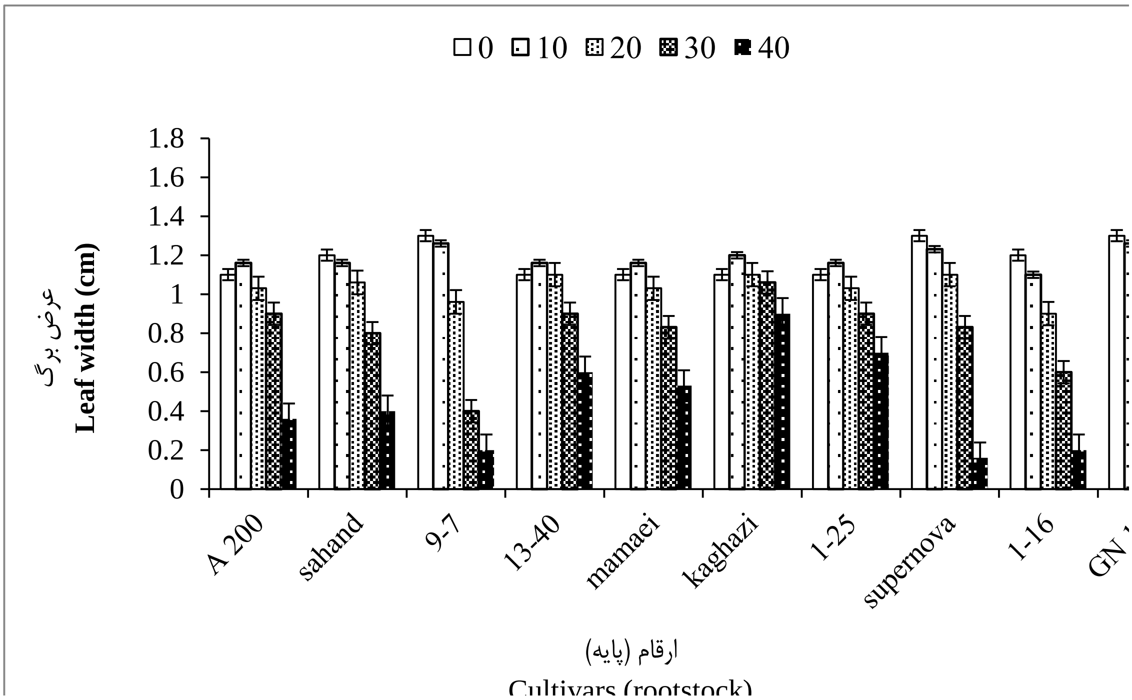
شکل ٤- اثر رقم × غلظت بی‌کربنات بر قطر شاخه سال جاری ارقام بادام پیوند شده بر روی پایه رویشی GN15

Figure 4- The effect of cultivar ×bicarbonate concentration on current season branch diameter of of almond cultivars grafted on GN15 rootstock. (DMRT, *p≤0.05*)



شکل ۵- اثر متقابل رقم × غلظت بی‌کربنات بر طول برگ ارقام بادام پیوند شده بر روی پایه رویشی GN15

Figure 5- The interaction effect of cultivar ×bicarbonate concentration on leaf length of almond cultivars grafted on GN15 rootstock. (DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ٦- اثر متقابل رقم × غلظت بی‌کربنات بر عرض برگ ارقام بادام پیوند شده بر روی پایه رویشی GN15

Figure 6- The interaction effect of cultivar ×bicarbonate concentration on leaf width of almond cultivars grafted on GN15 rootstock. (DMRT, $p \leq 0.05$)

نتیجه‌گیری

به طور کلی با نتایج این تحقیق مشخص شد که پایه و رقم پیوندی در بادام بر میزان تحمل به کلروز ناشی از بی‌کربنات کلسیم نقش دارند. هرچند کلروز ناشی از کربنات کلسیم منجر به اختلال و کاهش رشد مشخص در ترکیب پیوندی می‌گردد، اما توانایی ارقام مختلف بادام در کاهش اثرات مخرب ناشی از تنش بی‌کربنات متفاوت می‌باشد. به طوری‌که در مجموع صفات مرفولوژی و فیزیولوژی

بررسی شده دراین تحقیق، رقم‌های کاغذی و ۲۵-۱، متحمل ترین و کلسیم می‌باشند.
رقم های ۷-۹ و سوپرنوا حساسترین رقم نسبت به مقدار بـی‌کربنـات

منابع

1. Ana A.F., Pilar P., Javier A., and Anuciacion. 2003. Effects of Fe Deficiency Chlorosis on Yield and Fruit Quality in Peach (*Prunus persica* L. Batsch. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51: 5731-5744.
2. Arnon D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology 24: 1-15.
3. Baker N.R., and Rosenqvist E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities, Journal of Experimental Botany 55: 1607–1621.
4. Bongi G., and Loreto F. 1989. Gas exchange properties of salt stressed olive (*Oleae uropea* L.) leaves. Plant physiology 90: 1408-1416.
5. Cambrollé J., García J.L., Ocete R., Figueroa M.E., and Cantos M. 2015. Evaluating tolerance to calcareous soils in Vitis vinifera ssp. sylvestris. Plant and Soil 396.1-2:97-107.
6. Claudia O., and Jaime R. 2003. The chelating agent under environmental scrutiny. Química Nova 26(6): 901- 906.
7. Constantinos T., Thomas T., Kalomira E., and Anestis I. 2005. Effect of Peach Cultivars, Rootstocks and *Phytophthora* on Iron Chlorosis World. Journal of Agricultural Sciences 1(2): 137-142.
8. De L., Guardia M.D., and Alcántara E. 2002. A comparison of ferricchelate reductase and chlorophylland growth ratios as indices of selection of quince, pear and olive genotypes under iron deficiency stress. Plant Soil 241: 49–5.
9. Donnini S., Castagna A., Ranieri A., and Zocchi G. 2009. Differential responses in pear and quince genotypes induced by Fe deficiency and bicarbonate. Journal of Plant Physiology 166: 1181–1193.
10. Imani A., Hadavi E., and Salimi M. 2016. Study of the Effect of Irrigation Water Bicarbonate on Growth and Some Physiological Properties of 6 Growth Approaches of Apple. Tehran University Journals 4(1): 1-15. (In Persian with English abstract)
11. Gasemi A., Nasiri J., and Yahya Abadi M. 2010. Study of the Relative Tolerance of Quince (*Cydonia oblonga* Mill.) Rootstocks to Different Bicarbonate Concentrations. Journal of Seed and Plant Production 26(2): 137-151. (In Persian with English abstract)
12. Gruber B., and Kosegarten H. 2002. Depressed growth of non-chlorotic vine grown in calcareous soil is an iron deficiency symptom prior to leaf chlorosis. Plant Nutrition and Soil Science 164(2): 155-163.
13. Hakan N., Khanizadeh S., Deell J., and Ricker C., 2000. Assessing chilling tolerance in roses using chlorophyll fluorescence. In: Hort Science., 35: 184-186.
14. Jung S. 2004. Variation in antioxidant metabolism of young and mature leaves of Arabidopsis thaliana subjected to drought. Plant Science 166: 459-466
15. Köseoğlu A.T. 1995. Effects of iron chlorosis on mineral composition of peach eaves. Journal of Plant Nutrition 18(4): 765-776.
16. Ksouri R., Gharsalli, M., and Lachaal M. 2005. Physiological response of Tunisian grapevine varieties to bicarbonate-induced iron deficiency. Plant Physiology 162: 335- 341.
17. Liu J., and Shi D.C. 2010. Photosynthesis, chlorophyll fluorescence, inorganic ion and organic acid accumulations of sunflower in responses to salt and salt-alkaline mixed stress. Photosynthetica 48: 127-134.
18. Malakoti M.J., and Shahabi A.A. 2002. The role of bicarbonate in the development of nutritional defects in fruit trees. Sana Publication 108 P.
19. Malassiotis A., Tanou G., Diamantidis G., Patakas A., and Therios L. 2006. Effects of 4-month Fe deficiency exposure on Fe reduction mechanism, photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and antioxidant defense in two peach rootstocks differing in Fe deficiency tolerance. Journal of Plant Physiology 163: 176-185.
20. Manzari Tvakoli M., Bageri V., Karimi H., and Rostaei H. 2016. Evaluation of some physiological and growth responses of three different genotypes of walnut to irrigation water bicarbonate. Iranian Journal of Horticultural Science 46(4): 549-561. (In Persian with English abstract)
21. Malakoti M.J., and Homaei M. 2004. Fertility of soils in arid regions (Problems and Solutions), Second Edition Full Review, Tarbiat Modares University Press, Tehran, Iran. 321 pp.
22. Maribela P., Amarilis D.V., Javier A., and Eugenio A. F. 2005. Differential tolerance to iron deficiency of citrus rootstocks grown in nutrient solution. Scientia Horticulturae 104: 25–36
23. Meral I., Turgut Y., Berken C., and Bilge Y. 2015. Influences of different iron levels on plant growth and photosynthesis of W. Murcott mandarin grafted on two rootstocks under high pH conditions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 39(5): 838-844.
24. Momen por A., Bakhshi D., Imani A., and Rezaei H. 2015. Effect of salinity stress on the morphological and physiological characteristics in som selectedalmond (prunus dulcis) genotypes buddedon GF677 Rootstock. Journal

of Water Research in Agriculture (Soil and Water Sci.) 32(2): 201-215. (In Persian with English abstract)
25. Prado R.M., and Alcantara-Vara E. 2011. Tolerance to iron chlorosis in non-grafted quince seedlings and in pear grafted onto quince plants. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 11(4): 119-128.
26. Sergio J., Nathalie O., Catherine D., Mickael M., Ruben R.A., María A.M.Y., and olanda G. 2008. Metabolic response in roots of Prunus rootstocks submitted to iron chlorosis. Journal of Plant Physiology 415–423
27. Tadaion M.S., Talaei A., and Malakoti M. J. 2004. Investigation on the influence of different rootstocks on iron absorption with chlorosis paradox in grafted orange cultivars. Iranian Horticultural Science 5: 23-32. (In Persian with English abstract)
28. Taheri M. 2011. Nitrogen absorption and metabolism study on vegetative growth of some olive cultivars. Phd dissertation on horticulture. Tehran University, Tehran, Iran.
29. Wahome P.K., Jesch H.H., and Grittner I. 2001. Mechanisms of salt stress tolerance n two rose rootstocks: Rosa Chinensis Major and Science Horticulture 87: 207-216.
30. Yamasaki T., Yamakawa T., Yamane Y., Koike H., Satoh K., and Katoh S. 2002. Temperature acclimation of photosynthesis and related changes in photosystem II electron transport in winter wheat. Plant Physiology 128: 1087-1097.
31. Yang J.Y., Zheng W., Tian Y., and Zhou D.W. 2011. Effects of various mixed saltalkaline stresses on growth, photosynthesis, and photosynthetic pigment concentrations of Medicago ruthenica seedlings. Photosynthetica 49: 275-284.
32. Yang C.W., Xu H.H., Wang L.L., Liu J., Shi D.C., and Wang D.L. 2009. Comparative effects of salt-stress and alkali-stress on the growth, photosynthesis, solute accumulation, and ion balance of barley plants. Photosynthetica 47: 79-86
33. Zribi K.M. 2002. Effect of bicarbonate on growth and iron nutrition of pea. Journal of Plant Nutrition 25: 2143–2149.

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.2, Summer 2020, P. 231-246
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۲۴۶-۲۳۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluation of Calcium Bicarbonate Effects on Physiological Reaction and Growth Indices of Almond Cultivars Grafted on GN15 Rootstock

A. Imani[1]- K. Parvizi[2]*- H. Beyrami Jam[3]- E. Hadavi[4]
Received: 02-03-2019
Accepted: 19-04-2020

Introduction: Iron chlorosilicon caused by calcium carbonate can be controlled widely with iron chelate in nutrition management of gardens, but it has high costs and potential environmental hazards. Such constraints have led to alternative strategies for managing iron nutrition in relation to soil and plant parameters. Almond rootstocks and almond x peach hybrids (GF 677) are widely used as the rootstock for almonds, peaches and nectarines in the Mediterranean basin, moreover, in addition to its drought resistance, has a high tolerance to iron chlorosis. Different references of almond tree have introduced this fruit tree as a chlorosis resistant, but it shows different ranges of chlorosis when grafted on almond x peach hybrids such as GF677 and GN15. Therefore, this study carried out to evaluate the effect of calcium bicarbonate on some physiological characteristics of selected almond cultivars on the GN15 rootstock.

Materials and Methods: This research was conducted during 2015 and 2016 to evaluate the resistance to bicarbonate and the amount of chlorosis produced in selected almond cultivars on the hybrid rootstock (peach and almond) as a factorial experiment with completely randomized design with three replications in greenhouse conditions. The first factor consisted of different concentrations of calcium bicarbonate (0, 20, 10, 30 and 40 mmol L^{-1}) and the second factor included nine selected almond cultivars grafted to the GN15 rootstock and a GN15 (non-grafted) rootstock. Almond cultivars included 9 cultivars including Supernova, 25-1, 40-13, Mamaei, 16-1, Kaghazi, Sahand, 200A, 7-9, and GN15 rootstock. Each plot included a pot, where the rootstock planted. In the spring, the cultivars and GN15 rootstock planted in plastic pots with soil compositions including perlite (50%) and cocopeat (50%). After sufficient growth of these rootstocks in the pots, almond cultivars were grafted onto them and immediately after the transplantation, the calcium bicarbonate treatments began after proper growth of the scions. In order to apply bicarbonate treatment, 1.62, 3.23, 4.86 and 6.48 g L^{-1} calcium bicarbonate ($Ca(HCo_3)_2$) were added to the pots. In addition, 10% of calcium bicarbonate added also to the pots because of the deficiency of 10% chemical purity. After applying the treatments, chlorophyll, chlorophyll a and b, carotenoids, chlorophyll fluorescence were measured in two stages at intervals of 30 and 90 days. After the end of the growth period, the length and diameter of the current season branches and the leaf length and width of each almond cultivar were measured and recorded in different treatments. Two-way ANOVA of the data was carried out using SAS software (v. 8.02, SAS Institute, Cary, NC) and the means were compared based on Duncan's multiple range test.

Results and Discussion: Based on the ANOVA results, it was determined that the effects of calcium bicarbonate, cultivar and their interactions on the content of chlorophyll a and b were statistically significant ($p \leq 0.01$). The lowest decrease levels of chlorophyll a and b were found in the leaflets of Kaghazi, Mamaei, saplings, 25-1, and 40-13 cultivars, but the highest decrease was observed in Supernova cultivar, 7-9, and GN15. The reasons for decreasing the chlorophyll content of the leaf with the increase of bicarbonate levels can be related to iron deficiency and its deactivation and the role of iron in the synthesis of chlorophyll. Nevertheless, the difference for chlorophyll depletion at different levels of bicarbonate in different cultivars can be due to the capacity of these cultivars to tolerate higher levels of bicarbonate and the possibility of the synthesis of chloroplastic proteins in leaf cells even with a relative lack of iron. In all cultivars, as well as the GN15 rootstock, the level of carotenoids decreased with increasing concentrations of calcium bicarbonate. However, the response of the cultivars was different. Under bicarbonate conditions, reducing leaf iron concentration

1- Associate Professor, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2- Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran
(*- Corresponding Author Email: k.parvizi@areeo.ac.ir)
3- Ms. Degree of Horticulture Crops Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran
4- Associate Professor, Horticultural Science Department, Islamic Azad University, Karaj, Karaj, Iran

reduces chlorophyll and carotenoids. The results of the mean comparison showed that bicarbonate induced height growth reduction and branch diameter in the current season, while the reaction of the studied rootstocks were also different. So that the highest decrease in growth rate was observed in Supernova, 7-9 cultivars and GN15 rootstock and the lowest decrease of growth rate were found in the cultivars of Kaghazi, 1.25-1 and -40-13. High concentrations of bicarbonate, by disabling and decreasing iron absorption, indirectly reduces DNA synthesis, cell division, and thus decreases cell growth and plant biomass. The results of this study are in agreement with Ghasemi et al. (2010) in different responses of the rootstock to bicarbonate concentration on the height and diameter decreasing of current season branch. Mean comparison of data showed that the length and width of leaf area in all studied cultivars decreased with increasing concentration of calcium bicarbonate in irrigation water. Also, leaf length and width decrease in rootstock grafted cultivars had a significant difference, so that the lowest reduction in leaf length and width was in pepper, midwifery and 25-1, and the highest leaf area decrease in Supernova cultivars, 7-9 and GN15 base was observed. Leaf growth decreases in calcareous soils due to a decrease for iron in the symplast. The specific effects of high bicarbonate on leaf growth in almond cultivars and the different reaction of almond rootstocks in this study are in agreement with Tedaion et al. (2004) results in orange, as well as Wahom et al. (2001) in olive and peach.

Conclusion: Totally, the results of this study indicate that cultivar and rootstock cause the amount of chlorosis tolerance induced by calcium bicarbonate. In general, in terms of morphological and physiological traits studied in this research, Kaghazi and 25-1 cultivars are the most tolerant, while 7-9 and supernova are the most sensitive cultivars to bicarbonate.

Keywords: Almond rootstock, Chlorophyll, Chlorosis, Morphological characteristics, Soil lime